

Уравнение получено при двух допущениях: образовавшиеся частицы имеют форму куба со стороной  $l$  и их общая поверхность много больше первоначальной.

Энергия разорванных при диспергировании межатомных связей в единице массы образовавшегося порошка будет:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_c}{\rho z} \cdot \frac{1}{lr^2}. \quad (7)$$

Эта энергия обратно пропорциональна линейному размеру образующихся при диспергировании частиц. Результат совпадает с опытной зависимостью –  $a=f(1/l)$ , о которой речь шла выше. Примем это за свидетельство справедливости используемой модели.

Аналогичный результат был получен и в [1], где энергия образования новых поверхностей оценивалась по экспериментальным значениям поверхностной энергии:

$$a_\sigma = \frac{\sigma}{\rho l}. \quad (8)$$

Энергия образования новых поверхностей, найденная по (8), оказалась в  $10^5$  раз меньше общих энергетических затрат на диспергирование.

По (7) можно оценить энергию разрыва межатомных связей при диспергировании единицы массы вещества, приняв  $r$  равным  $10^{-10}$  м. Полученный результат совпал с предыдущим.

Видимо, при дроблении вещества образованию каждой частицы предшествуют процессы, в которых задействованы все атомы образовавшегося порошка, а не только те, которые при этом были выведены на поверхность. Действительно, только при  $l=r$  энергия, оценённая не только по (7), но и по (8), имеет порядок работы, затраченной на этот процесс.

Список публикаций:

- [1] Соколова Н. М. // *Физико-технические характеристики процессов измельчения вещества. Заводская лаборатория. Диагностика материалов.* – № 10. – Т. 76. – С. 54-57.
- [2] Киттель Ч. // *Введение в физику твёрдого тела.* – М.: Наука. – 1978. – 790 с.
- [3] Чебыкин Д. Д., Соколова Н. М. // *Известия вузов. Физика.* – 2015. – Т. 58. – № 7/2. – С. 122-125
- [4] Оура К., Лифшиц В. Г., Саранин А. А., Зотов А. В., Катаяма М. // *Введение в физику поверхности.* – М.: Наука. – 2005. – 499 с.

## **Особенности химической связи в кобальтсодержащих нанокompозитах**

**Чечеватов Андрей Игоревич**  
**Семинистая Татьяна Валерьевна,**  
*Южный федеральный университет*  
 Яловега Галина Эдуардовна, д.ф.-м.н.  
[andrey.chechevatov@mail.ru](mailto:andrey.chechevatov@mail.ru)

Гибридные наноматериалы на основе полимеров обладают превосходными электрическими, магнитными, электрохимическими и газочувствительными свойствами. Введение солей кобальта в органическую матрицу по разному влияет на проводимости композитных материалов в зависимости от способа которым металлы встраиваются в полимер: образует ли металл координационные связи с CN группой полимера или наночастицы металлов и цепочки полимеров формируются в композите независимо друг от друга.

В связи с этим целью данной работы является анализ особенностей химической связи атомов кобальта с матрицей полимера методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и рентгеновского поглощения.

Для определения фазового состава, локальной и электронной структуры кобальтсодержащих нанокompозитных пленок CoOx/PAN с органической матрицей, полученных методом пиролиза под воздействием некогерентного ИК-излучения при невысоком вакууме была использована методики рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, и рентгеновской спектроскопии поглощения XANES. Экспериментальные XPS линии Co 2p и результат их разложения на компоненты показан на рисунке (рис.1 а). Линия Co 2p состоит из двух пиков: 2p<sub>3/2</sub> на 781.5 эВ и 2p<sub>1/2</sub> на 797.5 эВ, образованных в результате спин-дуплетного расщепления 2p уровня. Разложение на компоненты низкоэнергетического пика Co2p<sub>3/2</sub> показало, что две наиболее интенсивные компоненты (пики В и С) на 781 эВ и 782.1 эВ относятся, соответственно, к

ионам кобальта, связанным с кислородом (вероятно,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) [1] и другим ионам кобальта, координированным азотом [2]. Пик А (779.7 эВ) в низкоэнергетической области может быть соотнесен с двухвалентным оксидом кобальта  $\text{CoO}$ . Компонента на 783.5 эВ (пик D) вероятнее всего соответствует связям с карбоксильной группой -  $\text{Co}(\text{CO})_4$ . Две компоненты (пики E и F) с энергиями 786.2 эВ и 789.6 эВ являются спутниками вставки.

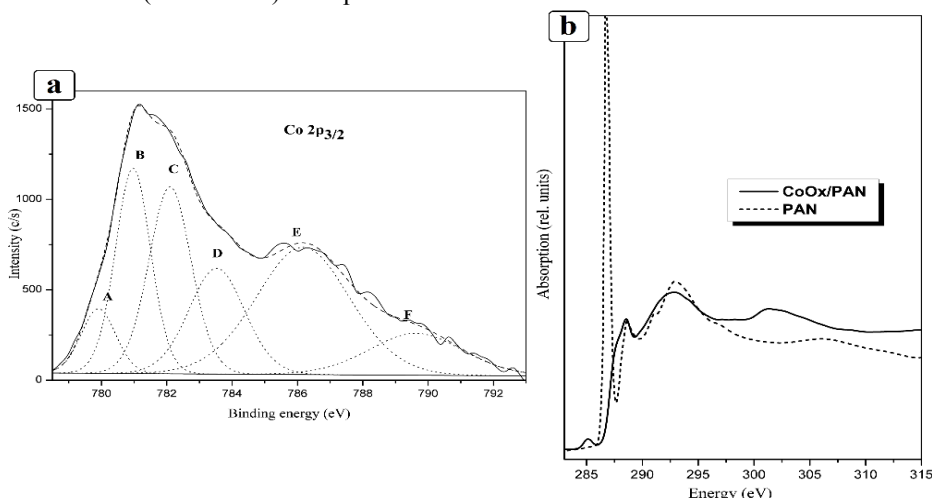


рис.1 - Разложение  $\text{Co}2p_{3/2}$  XPS спектра нанокompозита состава  $\text{CoOx}/\text{ПАН}$  (a), NEXAFS спектр за 1s краем углерода нанокompозита состава  $\text{CoOx}/\text{ПАН}$  в сравнении со спектром «чистого» ПАН (b)

Все упомянутые значения энергий связи находятся в согласии с литературными данными для подобных систем [1,2]. Спектры NEXAFS за К-краем углерода для нанокompозита  $\text{CoOx}/\text{ПАН}$  и чистого ПАН представлены на рисунке (рис.1 b). Основная спектральная особенность в спектре чистого ПАН – высокоинтенсивный край поглощения на 286.8 эВ, соответствующий  $1s \rightarrow \pi^*\text{C}\equiv\text{N}$ . Интенсивность данного пика в спектре нанокompозита  $\text{CoOx}/\text{ПАН}$  значительно ниже в связи с преобразованием тройной связи  $\text{C}\equiv\text{N}$  в двойную  $\text{C}=\text{N}$  либо ординарную  $\text{C}-\text{N}$ . Данный вывод также подтверждается отсутствием в спектре нанокompозита пика на 306 эВ, связанного с  $\text{C } 1s \rightarrow \sigma^*\text{C}\equiv\text{N}$ , а также наличием широкого пика на 301 эВ, объясняемого  $\text{C } 1s \rightarrow \sigma^*\text{C}=\text{N}$  переходами. Пики на 288.5 эВ, 292.6 эВ связаны с различными  $\text{C } 1s \rightarrow \sigma^*$  переходами. Кроме того, в спектре нанокompозита присутствует новая особенность на 285 эВ, связанная с ненасыщенностью в основной цепи полимера [3].

Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта ЮФУ № ВнГр-07/2017-30.

Список публикаций:

- [1] Artyushkova K., Levendosky S., Atanasov P., Fulghum Ju. // *Top Catal* (2007) V.46, pp.263 – 275.
- [2] Roncaroli F., Dal Molin E. S., Viva F. A., Bruno M. M., Halac E.B. // *Electrochimica Acta*. – 2015. – V. 174. – P. 66 – 77.
- [3] Harald D. H. Stöcker, Adam P. Hitchcock and Tolek Tyliczszak // *Journal of Synchrotron Radiation* (2007). 14, 181–190.

## Электрические свойства твердых растворов на основе диарсенида кадмия при высоких давлениях

**Чубарешко Екатерина Сергеевна**

Тебеньков Александр Владимирович, Вершинина Екатерина Алексеевна

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Бабушкин Алексей Николаевич, д.ф.-м.н.

[ek.chubaresenko@yandex.ru](mailto:ek.chubaresenko@yandex.ru)

Полупроводниковые соединения группы  $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{V}}$ , а также твердые растворы на их основе используются для создания приборов и элементов для лазерной и оптоэлектронной техники. Изучение физических свойств указанных соединений необходимо для изготовления и улучшения электронной техники, а также позволяет расширить диапазон их практического применения.

В работах [1,2] исследовались электрические свойства  $\text{CdAs}_2$  и  $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{As}_2$  в области давлений до 10 ГПа. Авторы обнаружили, что добавление цинка в диарсенид кадмия при давлениях до 10 ГПа приводит к тому, что концентрация носителей в твердых растворах увеличивается, Zn укрепляет структуру  $\text{CdAs}_2$ , занимая вакантные места в комплексах As-As. В  $\text{CdAs}_2$  обнаружен фазовый переход при давлении 5.5 ГПа. В твердых растворах  $\text{Cd}_{0.97}\text{Zn}_{0.03}\text{As}_2$ ,  $\text{Cd}_{0.95}\text{Zn}_{0.05}\text{As}_2$  в исследуемой области давлений аномалий в барической зависимости электросопротивления не обнаружено. В области давлений выше 10 ГПа электрические свойства данных растворов не изучены. Нами были проведены исследования электрических свойств твердого раствора